

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 1 日現在

機関番号：33919

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22760349

研究課題名(和文) 過積載を含む大型車両群による自動車荷重の実態把握と道路構造物への影響の分析

研究課題名(英文) Evaluation of Commercial Vehicles including Overload on Fatigue Damage of Highway Structures

研究代表者

小塩 達也(OJIO TATSUYA)

名城大学・理工学部・准教授

研究者番号：70303659

研究成果の概要(和文): 大型車両の荷重データを分析し、過積載車両の実態とその影響を把握する方法について検討した。車両の積載状態をパターンマッチングおよび各種制限値を判断して空車・積載・過積載に分類する方法を提案した。また、積載状態を判定した自動車荷重データを軸重の3乗和が損傷に比例するとした疲労損傷モデルに適用し、車両群全体がもたらす疲労損傷全体に対して、空車・積載・過積載の車両群のそれぞれの影響度を試算した。

研究成果の概要(英文): This study examined procedures to evaluate the effect of commercial vehicles including overload on fatigue damage of highway structures. A method of classification in that load status was classified into empty, loaded and overloaded with pattern patching technique and load specifications was proposed. The classified vehicle load data was applied a fatigue damage model. Percentage of fatigue damage caused by each load status was calculated.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：維持管理工学

1. 研究開始当初の背景

近年、重大な道路橋の損傷が公に報告されるようになり、道路構造物の維持管理の重要性が再認識されてきたが、道路上の自動車荷重は、道路構造物のいわば「使用状態」を示し、構造物と同様に適切に管理する必要があると考えられる。この荷重状態を測定する方法として、路面内に埋め込まれたセンサーにより、交通を妨げずに走行荷重を測定する、Weigh-in-Motion(WIM)や、橋梁をはかりに

利用する Bridge Weigh-in-Motion (BWIM)がある。申請者は、小型車類に比べて荷重が大きい大型貨物自動車の荷重を把握することを目的に、BWIMの手法(影響面積法、支点反力法)を開発、自動車荷重の実測を行ってきた。その結果、車両制限令などによって定められる総重量や軸重の条件を満たさない、いわゆる過積載車両が道路上に多数走行していることを明らかにした。

また、申請者は、実測された自動車荷重デ

ータを影響線に適用し、応力変動波形を算出、車両ごとに疲労損傷度を計算する手法を提案した。この方法により、車種や積載状態が疲労損傷度の累計に占める割合を計算し、どの車両群が疲労損傷に対して支配的であるのか等の分析が可能となる。しかしながら、これらの研究では、それぞれの車両が過積載車両であるか、どのような積載重量であるのか等については詳細な分析は行っておらず、また、分析対象としての荷重のデータ数や測定地点も限定的であった。

一方、昨今の社会情勢の変化は、維持管理費用を低減せざるを得ない状況や、運送業者が過積載をせざるを得ない状況につながる事が予想できる。そこで、過積載車両がわが国の道路上でのどのように存在し、道路の維持管理上どのような影響を与えるのかを明らかにし、道路構造物を守るための荷重管理の体制を策定する必要がある。

2. 研究の目的

本研究ではWIMまたはBWIMにて実測された自動車荷重データ(軸重、軸間距離および車種を含むデータ)に対して、荷重データからその車両の積載状態、すなわち、空車、積載、過積載の状態を判別する方法について検討する。また判別されたデータを疲労損傷モデルに入力し車両ごとの疲労損傷度を求め、疲労損傷度に対して車両の積載状態がどのような影響を与えているのかの分析を試みる。

3. 研究の方法

(1) 積載状態の判別方法の検討

国道19号地蔵橋において過去に実施したBridge Weigh-in-Motionで得られた自動車荷重データを分析対象とした。空車と(過積載車を含む)積載車を判別する方法として、下記の3つの方法について検討した。

空車時と積載時の重心位置の違いから判別する方法

車両総重量頻度分布、軸重頻度分布の特性峰から判別する方法

空車・積載の軸重パターンからパターンマッチングを用いて判別する方法

なお、過積載かどうかを判別する方法としては、車両制限令や重さ指定道路における特例などを考慮し、車種や軸距・車両長さに応じた車両総重量および軸重、隣接軸重の制限値を決め、積載と判定された車両を対象に、制限値を超過するものを過積載と判定する。

(2) 疲労損傷度の計算および分析

積載状態を判別した荷重データを疲労損傷モデルに入力し、疲労損傷度(ダメージ)を車両ごとに計算する。疲労損傷モデルとしては、計算の簡易化のため、申請者が過去に

行った試算にならない、軸重の3乗和を損傷度の指標とした。

計算した損傷度は、車両総重量クラスごとに累計し、損傷度を重みとした重み付き車両総重量頻度分布を作成した。また、積載状態別に損傷度を累計し、全体の損傷度に対する各積載状態の損傷への寄与率や積載状態の違いによる車両一台あたりの損傷度を計算した。

4. 研究成果

(1) 積載状態の判別方法

空車時と積載時の重心位置の違いから判別する方法

大型車両は後軸上に貨物の重心が来るように積載するため、空車時と積載時では、重心位置が後方に移動する。この現象を利用できないかと考え、代表的な車種である3軸後タンデム車について、軸重および軸距から重心位置を求め、その頻度分布を求めたが、頻度分布の形状は単峰の正規分布的な形状を示し、空車と積載空車と積載が判断できるような明瞭な特性峰は見られなかった。これは、空車群と積載車群の重心位置のばらつきが大きいことが原因と考えられる。

車両総重量頻度分布、軸重頻度分布の特性峰から判別する方法

軸重もしくは車両総重量頻度分布は、車種や測定地点によっては、頻度分布の形状に空車や積載車両群を示す特性峰が現れることがある。本研究では確認のため、いくつかの車種について、頻度分布形状から、空車・積載の判別ができるかどうか調査した。その結果、一部のトレーラー類と車長の短い前タンデム車両については、車両総重量頻度分布に2つの峰がみられ、空車・積載の分布の重なりも小さいため、適切な閾値を設定することで判別が可能であることが判明した。しかしながら、台数が多いトラック類の4軸前後タンデム車、3軸後タンデム車などについては、荷重のばらつきが大きいことと、多様な貨物を対象とするため、軽量の貨物も多いことから、積載と空車の分布の重なり幅が広く、閾値の設定が困難であることが判明した。

空車・積載の軸重パターンからパターンマッチングを用いて判別する方法

軸重や車両総重量に閾値を設定して積載状態を判別する方法では、たとえば車両総重量の頻度分布をある閾値で単純に2分すること、また、閾値を合理的に設定することが困難であること、さらに、閾値の設定の誤差が判別結果に大きく影響するといった問題があった。

そこで、軸重の配分状態をパターンとして捉え、空車状態のパターンと積載状態のパターンをあらかじめ生成しておき、検査する車

両の軸重パターンと比較し、どちらに近いかを判断することで、空車・積載の判定をする方法を検討した。

判定式は検査対象の軸重パターンに対して空車・積載の軸重パターンとの誤差2乗和をそれぞれ算出し、誤差2乗和の値が小さい方をその車両の積載状態と判定することとした

パターンの作成に際し、の分析結果を参照、車両総重量頻度分布のピーク値および車両カタログ値などをもとに、空車・積載のパターン作成のための総重量の値域を決定した。この総重量値を持つ車両群を荷重データから抽出、各軸重を平均したものを判定用の軸重パターンとした。本研究で用いた車種の分類を図1に分類に対応したパターン作成用の車両総重量の値域を表1に、この値域をもつ車両群の平均値から求めた軸重パターンを表2に示す。

過積載車両については、上記方法で積載と判別された車両について、軸重・総重量・隣接軸重が車両ごとに決められた制限値を超過するかどうかで判定することとした。制限値としては、トラック類については車両制限令および重さ指定道路の特例に従い、車両長さを考慮して車種ごとに設定、トレーラー類については、高速道路の特定に従い車種ごとに設定した。

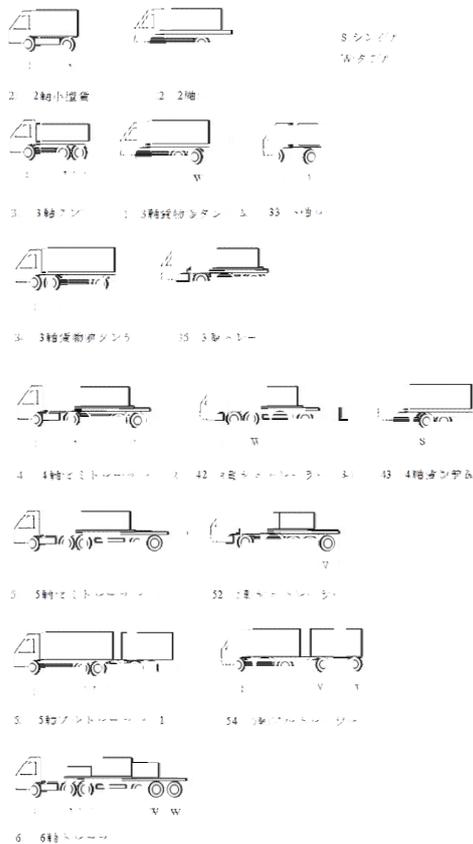


表1 パターン作成用の車両総重量の値域

車種	空車パターン	積載パターン
21	6t以上 9t未満	10t以上 12t未満
22	6t以上 9t未満	10t以上 13t未満
31	11t以上 13t未満	18t以上 24t未満
32	12t以上 17t未満	19t以上 25t未満
33	9t以上 13t未満	18t以上 22t未満
34	9t以上 13t未満	14t以上 20t未満
35	11t以上 14t未満	18t以上 24t未満
41	17t以上 20t未満	31t以上 38t未満
42	13t以上 16t未満	19t以上 22t未満
43	14t以上 16t未満	18t以上 21t未満
51	23t以上 30t未満	36t以上 43t未満
52	25t以上 29t未満	31t以上 39t未満
53	27t以上 33t未満	43t以上 49t未満
54	23t以上 27t未満	28t以上 32t未満
61	39t以上 46t未満	51t以上 58t未満

表2 空車・積載判別用の軸重パターン

車種	状態	軸重 (tonf)						車両総重量 (tonf)
		W1	W2	W3	W4	W5	W6	
21	空	4.1	3.9					8.0
	積	5.1	5.7					10.8
22	空	3.7	4.3					8.0
	積	4.4	6.7					11.1
31	空	4.0	3.3	3.7				11.0
	積	5.1	8.1	7.8				21.1
32	空	3.8	3.5	3.6				11.0
	積	6.7	7.8	7.4				21.9
33	空	3.8	3.6	3.6				11.0
	積	5.8	5.3	8.9				20.0
34	空	3.6	3.5	3.9				11.0
	積	4.8	4.8	7.1				16.7
35	空	5.0	4.0	3.6				12.6
	積	5.4	8.7	7.0				21.1
41	空	5.3	4.9	3.9	4.4			18.5
	積	6.4	10.0	8.9	9.2			34.5
42	空	4.5	3.5	3.6	3.5			15.1
	積	5.7	4.7	5.6	4.2			20.2
43	空	2.7	2.6	2.7	3.0			11.0
	積	4.3	4.0	5.4	5.9			19.5
51	空	5.4	5.1	5.7	4.9	6.1		27.2
	積	5.6	7.4	7.9	9.0	9.7		39.6
52	空	5.1	6.4	5.1	5.8	4.8		27.1
	積	6.1	9.4	6.6	6.2	6.8		35.1
53	空	5.1	7.1	6.9	4.4	6.2		29.7
	積	5.5	12.0	11.5	7.1	10.7		46.8
54	空	4.5	4.8	7.3	5.0	4.1		25.7
	積	5.5	5.6	9.7	4.7	4.5		30.0
61	空	5.3	7.3	7.7	7.1	7.3	8.4	43.0
	積	6.1	9.0	9.5	9.4	9.5	10.5	54.0

(3) 積載状態の判定結果

図 2~5 にトラック類の代表的な車種について判定した積載状態別の車両総重量頻度分布を示す。空車の分布形状が左右対称であり、正規分布的な形状をしているものが多い。これは、軸数や車両長さが同じであれば、空車時の車両総重量はほぼ一定であり、車両走行による荷重値のばらつきによりある幅のばらつきを持って測定されるためであると

考えられる。国内で流通する 3~4 軸のトラック類は、車両総重量の最大値が 20~25tonf であり、これの最大積載量が 8tonf~11tonf であることを考えると、空車時の車両総重量は 9~14tonf 程度の範囲となる、判定された空車の車両総重量の範囲とほぼ一致している。図 6、図 7 に 3 軸セミトレーラーおよび 4 軸セミトレーラーの判定結果を示す。3 軸セミトレーラーは空車が単峰分布であるが、4 軸セミトレーラーは空車が双峰分布であり、また積載車両がきわめて少ない。この原因としては空車と判定されたものには積載が含まれていることが考えられる。

パターンマッチングによる空車・積載の判別はトラック類についてはおおむね良好に行われていると考えられるが、セミトレーラー類の例のようにさらなる検討を要することも明らかになった。今回用いた荷重データの車種は、車種分類によっては、同じ車種と分類されていても、複数の種類の車両を含んでいるため、車両長さを考慮して車種を詳細に分類することで、より正確な判定が可能になることが予想される。

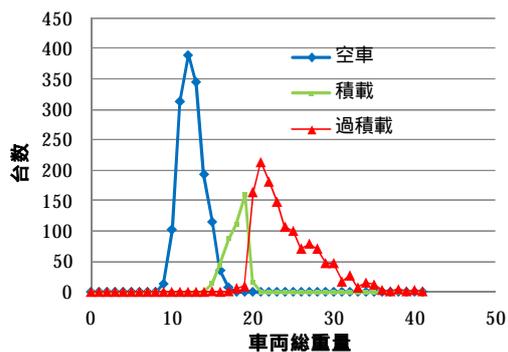


図 2 積載状態別の車両総重量頻度分布
車種番号 31：3 軸ダンプ

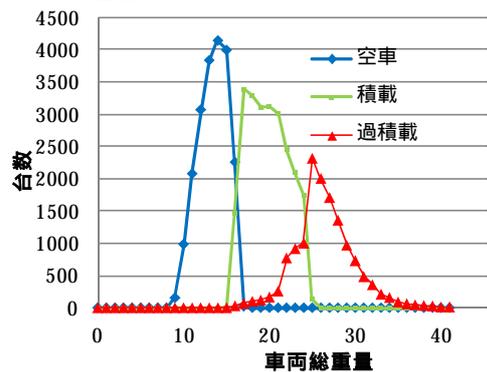


図 3 積載状態別の車両総重量頻度分布
車種番号 32：3 軸後タンデム

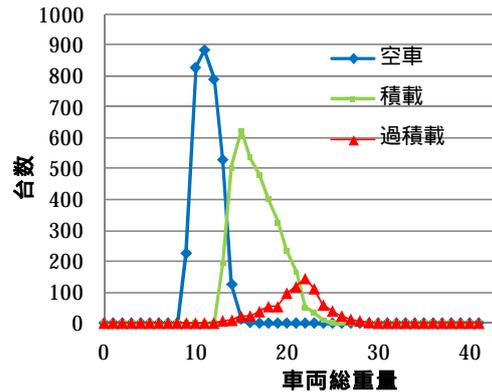


図 4 積載状態別の車両総重量頻度分布
車種番号 34：3 軸前タンデム

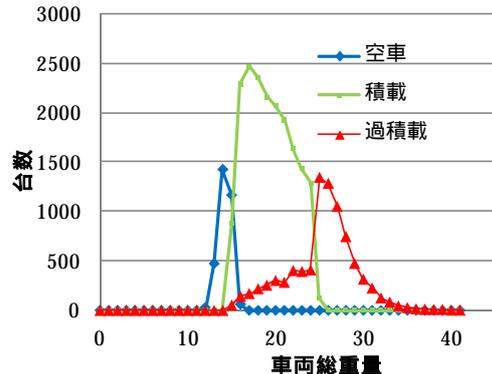


図 5 積載状態別の車両総重量頻度分布
車種番号 43：3 軸前後タンデム

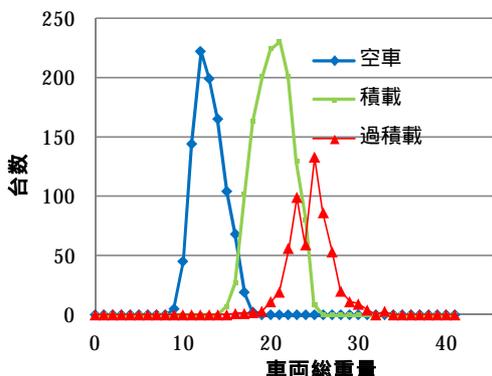


図 6 積載状態別の車両総重量頻度分布
車種番号 35：3 軸トレーラー

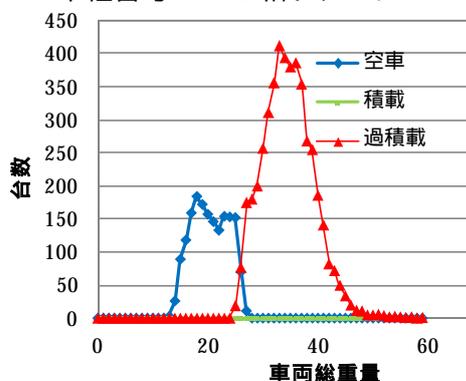


図 7 積載状態別の車両総重量頻度分布
車種番号 41：4 軸セミトレーラー(2+2)

(4) 損傷度の計算結果

前年度の成果により、荷重データからパターンマッチングにより空車・積載を判定することとし、14種類の車両群について国道19号地蔵橋で得られた荷重データを対象として判定用パターンを作成し、国道19号地蔵橋におけるBWIMによる荷重データ(20万台)を対象として、空車・積載・過積載車両の判定を行った。その結果、トレーラー類などについては不適切なパターンによる誤判定が多く発生するなど、検討の余地があることが判明した。そこで、車両台数が多く、かつ判定結果もある程度信用できると考えられた3軸後タンDEM車両について分析対象を絞り込み、積載状態が与える疲労損傷度への影響を分析することとした。疲労損傷モデルとして、車両ごとの軸重の3乗和を疲労損傷の指標とすることとし、疲労損傷度の重み付きの積載状態別頻度分布、積載状態別の台数構成比率および同じく疲労損傷度の構成比率を算出した。その結果、台数構成で空車：積載：過積載が45%：33%：22%であったものが、損傷度の構成比率では16%：34%：50%となり、全台数において22%の台数である過積載車両が、全損傷度の50%をもたらしていることが判明した。また、1台あたりの平均の疲労損傷度を積載状態別で試算したところ、過積載車両1台の走行がもたらす疲労損傷度は、積載車両の2.25倍となった。

(3) 今後の課題および展望

以上の結果については車種や測定地点について限定的であり、他の測定地点とのデータの比較や、他の代表的な車種について更に検討する余地があるが、過積載車両が道路構造物に与える影響を調査する方法論としては有意義な成果を得た。本研究のさらなる展開として、上記分析方法の他の自動車荷重測定データへの適用、疲労損傷モデルの高精度化、過積載を抑制するシナリオを反映した荷重モデルの作成と疲労損傷度への影響分析などが考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計1件)

1. 小塩達也、実測荷重データに基づく過積載車両の分析の試み、土木学会第65回年次学術講演会概要集、第 部門、-522、2010年9月1日～3日、北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小塩 達也 (OJIO TATSUYA)
名城大学・理工学部・准教授
研究者番号：70303659